

◆ 問題訂正紙

試験科目：2026年度（令和8年度）理科（後期日程）

- ※1 試験開始の合図があるまで、裏返してはいけません。
- ※2 印刷の不鮮明等があった場合は、監督者に申し出なさい。
- ※3 試験終了後、この問題訂正紙は持ち帰りなさい。

◆ 問題訂正

試験科目：2026年度（令和8年度）理科（後期日程）

理科「化学」

ⅢA 26ページ 問5 上から2行目

誤)・・・得られる可能性のある化合物の・・・

正)・・・得られる可能性のある安定な化合物の・・・

ⅢB 28ページ 問4 (a) 1行目

誤) デンプン溶液にヨウ素を加えると,・・・

正) デンプン溶液にヨウ素溶液を加えると,・・・

2026 年度(令和 8 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17ページまで、「化学」が18ページから29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、「物理」、「化学」のうちから1科目を選択し、解答用紙の指定された欄に記入しなさい。
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 物体の運動に関する以下の問 1, 問 2 に答えよ。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし, 空気抵抗は無視できるものとする。

問 1 図 1 のように, 傾斜角 θ [rad] の斜面上に沿って上向きに x 軸の正の向きをとり, 斜面上での質量 m [kg] の小物体の運動を考える。

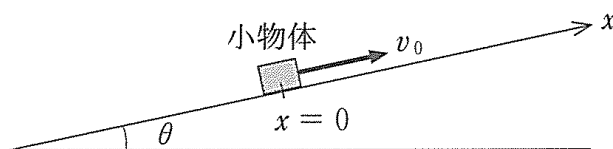


図 1

(1) なめらかな斜面上での運動を考える。 $x = 0$ の位置で小物体に x 軸の正の向きの初速度 v_0 [m/s] を与えた。小物体はその後, 斜面上で最高点に到達した後に斜面をすべり下りた。小物体が最高点に到達するのに要する時間を求めよ。また, 小物体が再び $x = 0$ の位置に戻ってきたときの速さは v_0 の大きさの何倍か答えよ。

以下では, 斜面と小物体との間に摩擦力がはたらく場合を考える。ただし, 静止摩擦係数を μ_0 , 動摩擦係数を μ' とする。

(2) 小物体を斜面上に置くと, 小物体は静止していた。このとき, 小物体にはたらく静止摩擦力の大きさを求めよ。

(3) 傾斜角 θ を徐々に大きくしていくと, ある角度で小物体は斜面をすべり始めた。このときの $\tan \theta$ の値を求めよ。

傾斜角 θ を上問(3)での角度よりも大きくした状態で、 $x = 0$ の位置で小物体に x 軸の正の向きの初速度 v_0 [m/s] を与えた。小物体はその後、斜面上の最高点に到達した後に斜面をすべり下りた。

- (4) 小物体に初速度を与えた後に小物体が斜面上をすべっているとき、小物体にはたらく動摩擦力の大きさを求めよ。
- (5) 小物体に初速度を与えてから小物体が最高点に到達するまでに要する時間を求めよ。
- (6) 小物体が最高点から斜面に沿った距離 L [m] をすべる間に動摩擦力がした仕事と、その間の小物体の運動エネルギーの変化量を求めよ。
- (7) 小物体が最高点から $x = 0$ の位置に再び戻ってきたとき、速さは v_0 の大きさの何倍か答えよ。

問 2 水平な床の上を直線運動する、水平な上面をもつ台車がある。台車は外力によって自由に加速度を変えられることができるものとする。図 2 のように、台車の上には傾斜角 θ (rad) の斜面 QR が固定されている。この斜面上の点 P に質量 m (kg) の小物体を置き、斜面上にストッパーを設置して小物体が斜面をすべり下りないようにする。斜面 QR と小物体との間の静摩擦係数は μ_0 、動摩擦係数は μ' である。斜面 QR は点 R で断面が円弧となる曲面になめらかにつながっている。円弧 RT の中心 O と円弧上の点 T は台車の上面にあり、中心 O から円弧 RT にのぼした鉛直な直線上には円弧の曲面の最高点 S がある。円弧 RT の半径は r (m) であり、円弧と小物体の間の摩擦は無視できるものとする。以下で、台車の加速度は紙面左向きを正とし、小物体の速度と加速度は台車から観測したものとする。

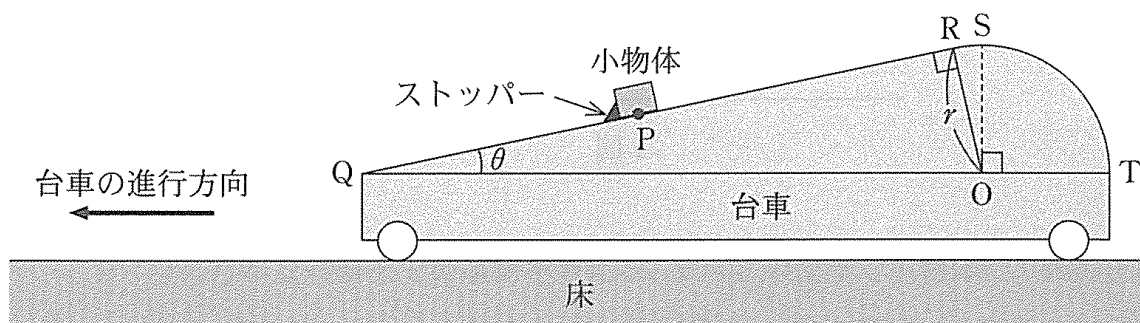


図 2

台車が左向きに一定の加速度 a (m/s²) で運動を始めると、小物体は斜面 QR をすべり上がり始めた。

- (8) 小物体に対して、斜面垂直方向にはたらく垂直抗力を求めよ。
- (9) 斜面方向の運動方程式を用いて小物体が斜面を上る加速度を求めよ。
- (10) 傾斜角 θ の値によっては、台車にいかなる加速度 a を与えても小物体は斜面を上らなかった。このような θ の条件を $\tan \theta$ に対する不等式で表せ。

小物体が点 R を通過した直後に、台車はそのときの速度で等速直線運動に移行した。点 R を通過した際の小物体の速さは v_R (m/s) であった。小物体は点 R を通過した後に円弧 RT を離れることなく運動し、円弧の曲面の最高点 S を通過した。斜面の傾斜角 θ は $\theta < \frac{\pi}{4}$ とする。

- (1) 点 R を通過した直後の垂直抗力を v_R を用いて表せ。
- (2) 小物体が円弧を離れることなく円弧の最高点 S に達するための v_R の条件を求めよ。

小物体が点 S を通過した直後に、台車は等加速度運動に移行した。その後、小物体は円弧 RT から離れることなく点 T に達した。

- (3) 点 T における小物体の速さが点 S における速さと等しかったとき、台車の等加速度運動の加速度を求めよ。

II コンデンサーとコイル, およびそれらを用いた交流回路に関する以下の問 1, 問 2 に答えよ。ただし電流は図中の矢印の向きを正とし, その向きに電流を流そうとする電圧を正とする。

問 1 下記の空欄①~⑭を補って, 図 1 ~ 図 4 の回路に関する文章を完成させよ。ただし同じ番号の空欄には同じ内容が入る。また, ⑦および⑬については, 図 5 の(a)~(d)から正しいものを選択せよ。

図 1 に示す真空中に置かれた極板どうしが平行なコンデンサーの電気容量とその特性について考える。いま, スイッチを閉じてこの平行板コンデンサーに直流電圧を加え, 電気量 Q [C] が蓄えられているとする。真空中でのクーロンの法則の比例係数を k_0 [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$] とすると, 正極板から出る電気力線の総数は①_____である。ただし単位面積あたりを垂直に貫く電気力線の本数は電界の強さに等しい。極板間隔 d [m] が極板のサイズに比べて十分小さいとき, すべての電気力線が電極間の空間を通過して負極板に入り極板間に一様な電界を生じるとみなすことができ, 極板の面積を S [m^2] とすると極板間の電界の強さは②_____となる。このとき, コンデンサーに印加される電圧は③_____と表される。したがって, 真空の誘電率を $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k_0}$ とすると, この平行板コンデンサーの電気容量は ϵ_0 を用いて④_____と表される。

次に図 2 に示すように極板 A, B で構成される電気容量 C [F] の平行板コンデンサーを交流電源に接続した回路について考える。時刻 t [s] におけるコンデンサーに印加される電圧を $V_0 \sin(\omega t + \phi)$ (V_0 [V] は振幅, ω [rad/s] は角周波数, ϕ [rad] は初期位相) とすると, 時刻 t においてコンデンサーに蓄えられる電気量は⑤_____となる。電流は単位時間あたりに極板 A に流れ込む電気量であるから, 微小時間 Δt [s] の間の電圧の変化を ΔV [V] として電流は⑥_____と表される。 $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ が $V-t$ グラフの接線の傾きに等しいことに注意すると, コンデンサーを流れる電流が図 5 上段のグラフで表されるとき極板間電圧のグラフは図 5 の⑦_____である。このときコンデンサーに印加される電圧の振幅は, ω , C および電流の振幅 I_0 を用いて⑧_____と表される。

続いて、真空中に置かれた単位長さあたりの巻数 $n[\text{m}^{-1}]$ 、断面積 $S[\text{m}^2]$ 、長さ $l[\text{m}]$ の中空のソレノイドについて、自己インダクタンスとその特性について考える。図3に示すように直流電源とソレノイドの間のスイッチを閉じるとソレノイドに電流が流れ始める。断面の半径が長さにくらべて十分小さいとき、電流 $I[\text{A}]$ によってソレノイド内部に生じる磁界は一様とみなすことができ、その大きさは⑨_____と表される。微小時間 Δt の間の電流の変化を $\Delta I[\text{A}]$ とすると、ソレノイドの断面を貫く磁束の変化は真空の透磁率 $\mu_0[\text{N/A}^2]$ を用いて⑩_____であるから、ファラデーの電磁誘導の法則より、ソレノイドに生じる誘導起電力は ΔI 、 Δt を用いて⑪_____である。よって、このソレノイドの自己インダクタンスは⑫_____と表される。

次に図4に示すように自己インダクタンス $L[\text{H}]$ のソレノイドを交流電源に接続した回路を考える。ソレノイドに印加される電圧は誘導起電力⑬_____の符号を変えた式で表される。したがって、 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ が $I-t$ グラフの接線の傾きに等しいことに注意すると、ソレノイドを流れる電流が図5上段のグラフで表されるときソレノイドに印加される電圧のグラフは図5の⑭_____である。また、この電圧の振幅は ω 、 L および電流の振幅 I_0 を用いて⑮_____と表される。

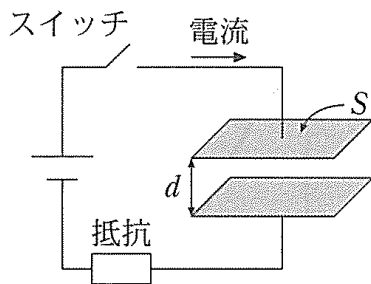


図1

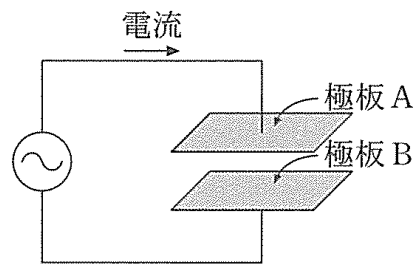


図2

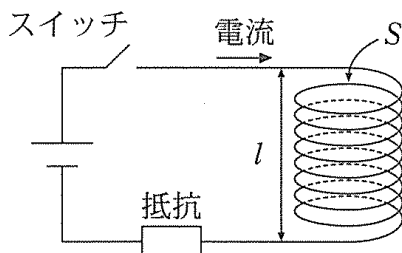


図3

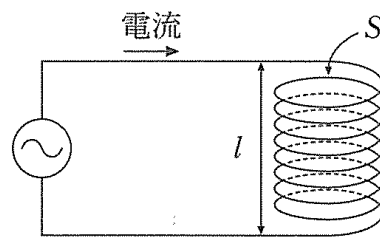


図4

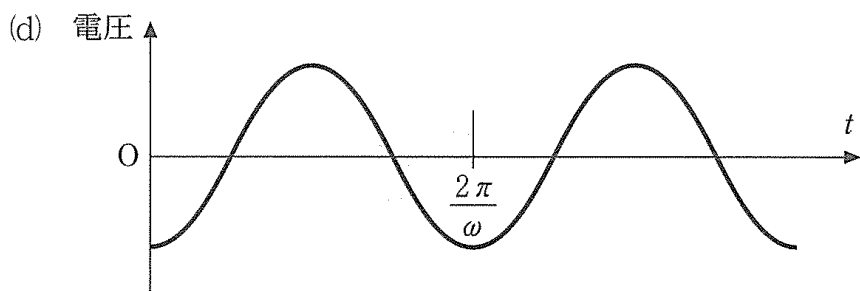
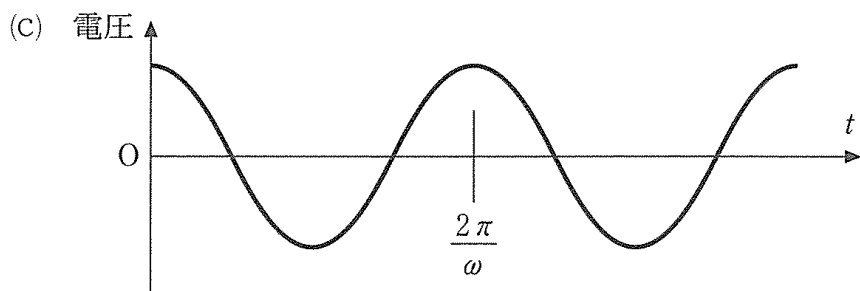
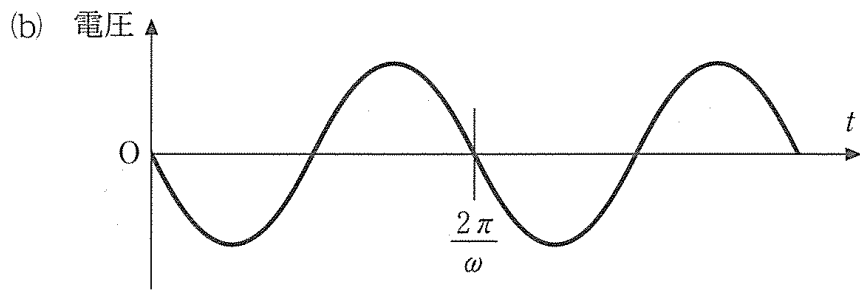
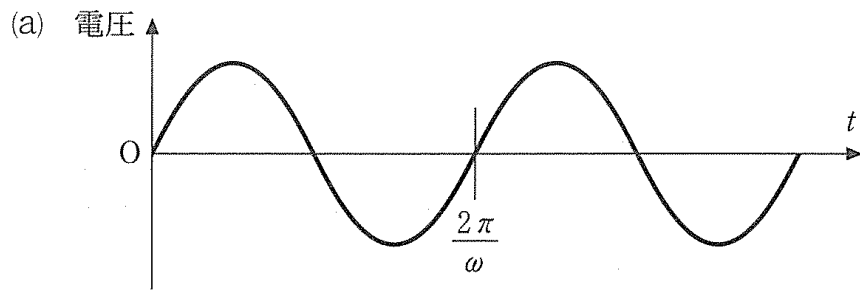
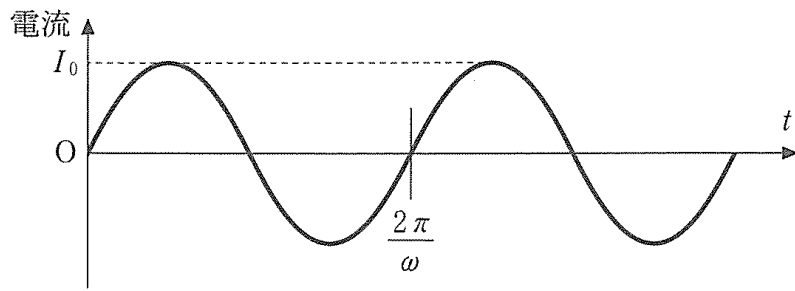


図 5

問 2 図 6 に示すように、抵抗値 $R[\Omega]$ の抵抗，自己インダクタンス $L[\text{H}]$ のコイル，電気容量 $C[\text{F}]$ の平行板コンデンサーを直列に接続した回路に電圧振幅が一定で角周波数 $\omega[\text{rad/s}]$ を変化させることのできる交流電源を接続した。ここで，交流電源の角周波数 ω を変化させたところ，図 7 に示すように，ある角周波数において回路に流れる電流の振幅 $I_0[\text{A}]$ が最大 ($I_{\text{max}}[\text{A}]$) となった。この角周波数 $\omega_0[\text{rad/s}]$ を共振角周波数と言う。

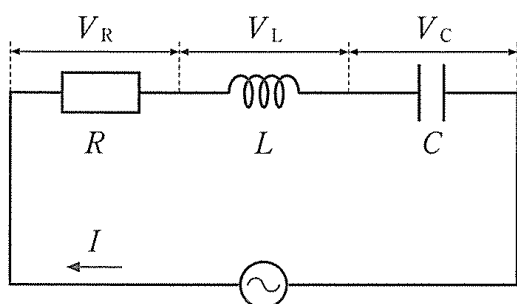


図 6

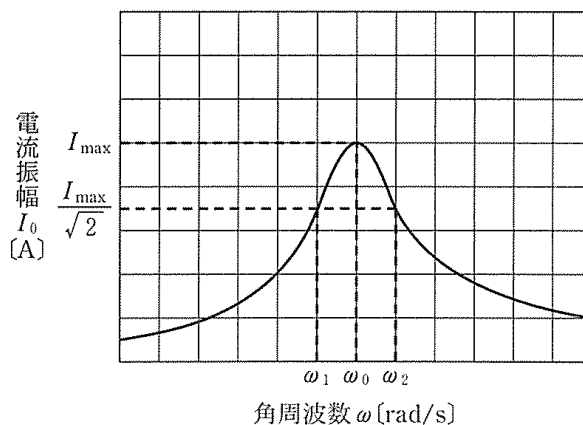


図 7

- (1) 回路に流れる電流は $I = I_0 \sin \omega t$ と表される。このとき，回路全体のインピーダンス $Z[\Omega]$ と位相差 $\alpha[\text{rad}]$ を用いて，交流電源の電圧は $V = ZI_0 \sin(\omega t + \alpha)$ と表される。 Z と $\tan \alpha$ を求めよ。使用してよい記号は R, L, C, ω とする。必要であれば以下の公式を用いよ。

$$a \sin \theta + b \cos \theta = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta + \beta), \quad \tan \beta = \frac{b}{a}$$

- (2) 図 7 のように，角周波数 ω_1 および ω_2 において回路に流れる電流の振幅が $\frac{1}{\sqrt{2}} I_{\text{max}}$ になった。 ω_1 と ω_2 の差 $\omega_2 - \omega_1$ を求めよ。ただし， $0 < \omega_1 < \omega_2$ とする。この差のことを「共振の幅」と言う。

図6の回路を、金属線でできた未知の抵抗値を持つ抵抗、自己インダクタンス $400 \mu\text{H}$ のコイル、電気容量 $1.0 \mu\text{F}$ の平行板コンデンサー、電圧振幅が 10 V の交流電源で構成した。室温において、角周波数 ω を変化させると回路に流れる電流の振幅 I_0 は図8に示すようになった。

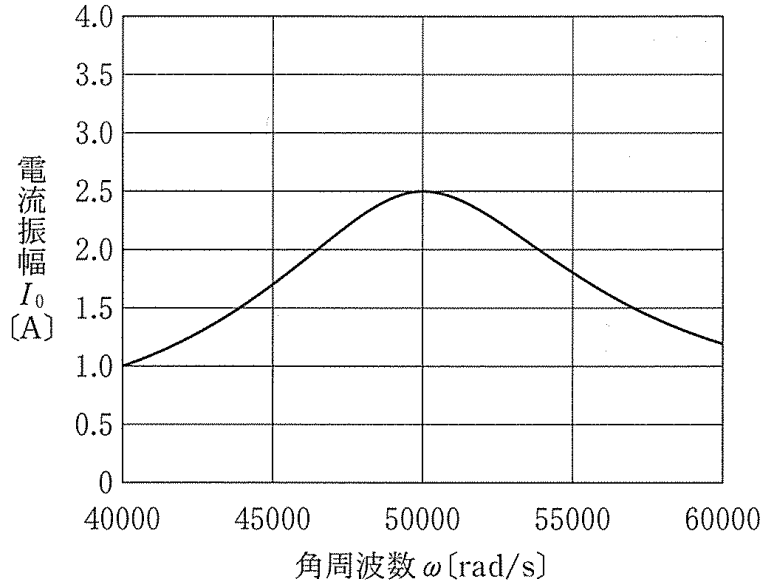


図8

- (3) 図8の実験結果から室温における抵抗の値を導出せよ。
- (4) 上問(3)で導出した抵抗の値を、断面が直径 0.20 mm の円で、室温における抵抗率が $\rho = 1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ の金属線で構成する場合、金属線の長さを有効数字2桁で答えよ。
- (5) 回路に電流を流し続けていると、金属線のみが発熱して温度が上昇していることが確認された。この状態で電流振幅 I_0 の角周波数特性を再度測定したときに得られる結果として、最も適切なものを図9(イ)~(ヌ)の中から1つ選べ。なお、実線は図8の特性を表し、破線は再測定時における特性を表している。

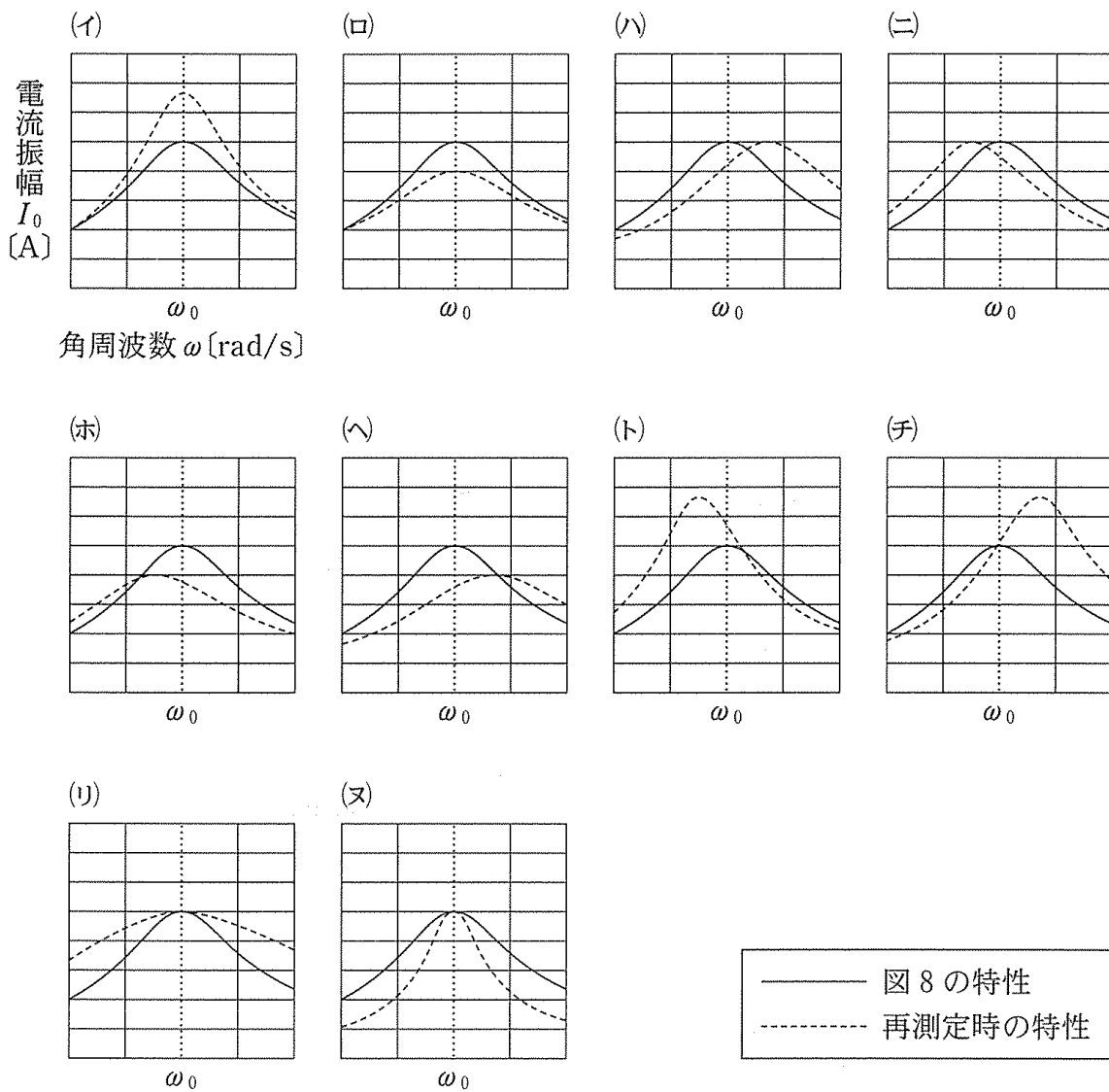


図9

金属線が十分に冷えて室温になっていることを確認したのち、電気容量 $1.0 \mu\text{F}$ で極板間が真空であった平行板コンデンサーの極板間を比誘電率 2.0 の誘電体で満たした。この状態で電流振幅 I_0 の角周波数特性を再度測定したところ、共振角周波数 ω_0 が図8の値から変化した。

(6) このときに得られる電流振幅の特性として最も適切なものを図9(イ)~(ヌ)の中から1つ選べ。

- (7) 自己インダクタンス $400 \mu\text{H}$ のコイルは単位長さあたりの巻数 n (m^{-1}), 断面積 S (m^2), 長さ l (m) のソレノイドで構成されていたとする。 S , l の値を一定に保ったまま, 共振角周波数 ω_0 の値を図 8 での値に戻すには, ソレノイドの単位長さあたりの巻数 n を何倍にすればよいか。有効数字 2 桁で答えよ。
- (8) 上問(7)のときに得られる電流振幅の特性として最も適切なものを図 9 (イ)~(ヌ)の中から 1 つ選べ。

テレビやラジオの放送はチャンネルごとに異なる周波数の電波に乗せて発信されるが, いろいろな周波数の電波の中から特定の周波数のものだけを選んで受信するための受信機に共振回路が利用されている。

- (9) 電波を交流電圧に変換したものを図 6 の交流電源と考え, 抵抗に印加される電圧 V_R を検出する。このとき, ある特定の角周波数 ω_x (rad/s) に近い交流電源に対してのみ大きな電圧 V_R を検出し, それ以外の角周波数のときの電圧 V_R が小さく抑えられるようにしたい。抵抗値 R は決まっているとして, コンデンサーの電気容量 C , コイルの自己インダクタンス L の値をどのように調整すればよいか, 回路の共振角周波数および上問(2)で求めた共振の幅を考慮して 3 行程度で簡潔に説明せよ。

Ⅲ 光の回折と干渉に関する以下の問 1～問 3 に答えよ。

問 1 図 1 のように、スリット S_0 のあるついでに A、間隔 d [m] の 2 つのスリット S_1 と S_2 のあるついでに B、およびついでに C を互いに平行になるように空气中に置いた。 S_0 を通り 3 つのついでに垂直な線がついでに C と交わる点を O とする。 S_1 と S_2 は、中心線 S_0O から等距離にあるとする。 ついでに A の左側に波長 λ [m] の単色光源を置いたところ、 S_0 から S_1 と S_2 を通過した光により、 ついでに C の上に明暗の縞模様ができる。 ついでに A と B の間隔を L_1 [m]、点 O からついでに C 上の点 P までの距離を x [m] とする。 ここでついでに B と C の間隔 L_2 [m] は距離 x およびスリットの間隔 d よりも十分大きいとする。 空気の屈折率は 1 とする。

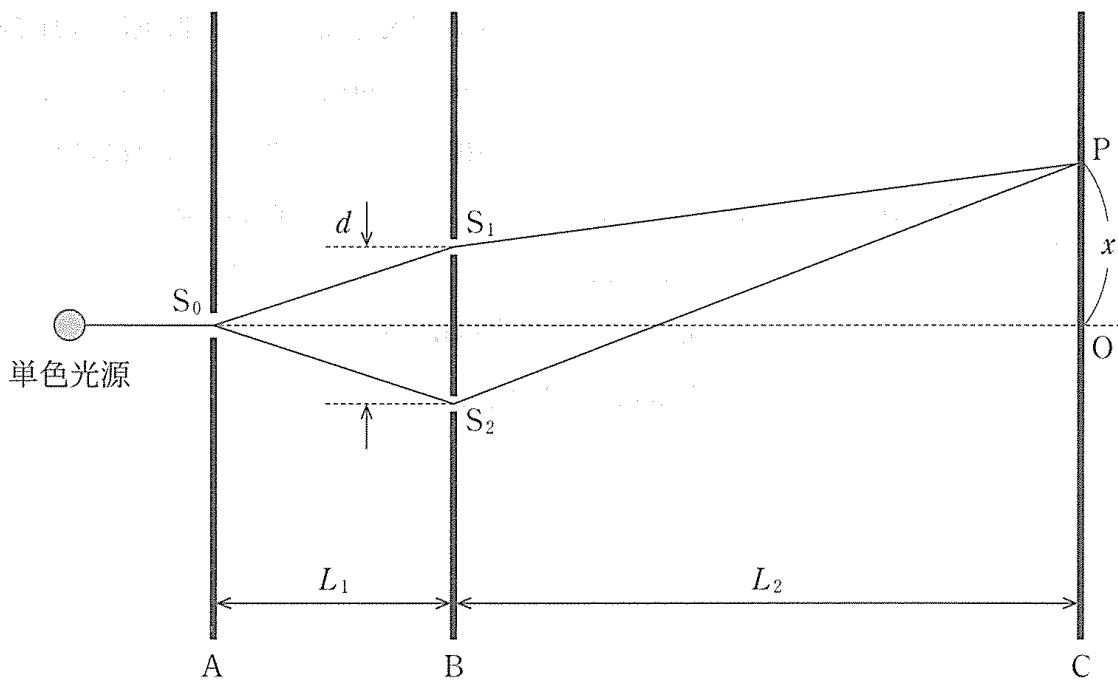


図 1

- (1) 光路差 $\delta_x = |S_2P - S_1P|$ [m] を, x, L_2, d を用いて x の一次式で表せ。
必要であれば $|\alpha| \ll 1$ ($|\alpha|$ が 1 に比べて十分小さい) のときに成り立つ近似式 $(1 + \alpha)^{\frac{1}{2}} \doteq 1 + \frac{1}{2} \alpha$ を用いよ。
- (2) 点 O からついたて C 上に現れる強め合いの点(明線)までの距離を, λ, L_2, d および 0 以上の整数 m ($m = 0, 1, 2, \dots$) を用いて表せ。
- (3) 点 O からついたて C 上に現れる弱め合いの点(暗線)までの距離を, λ, L_2, d および 0 以上の整数 m ($m = 0, 1, 2, \dots$) を用いて表せ。

問 2 次に、図 1 のついたて B を図 2 のように 3 つのスリット S_1, S_2, S_3 のある ついたて B' に置き換えた。 S_1 と S_2 および S_2 と S_3 の間隔はいずれも d [m] であり、 S_2 は中心線 S_0O 上にある。さらに、 S_0 と S_2 の間には厚さ a [m]、屈折率 n ($n > 1$) の媒質が置かれている。このとき、 S_1, S_2, S_3 において 3 つの光波が同位相となった。なお、媒質による反射や吸収により光の強度が弱められる効果は無視できるものとする。

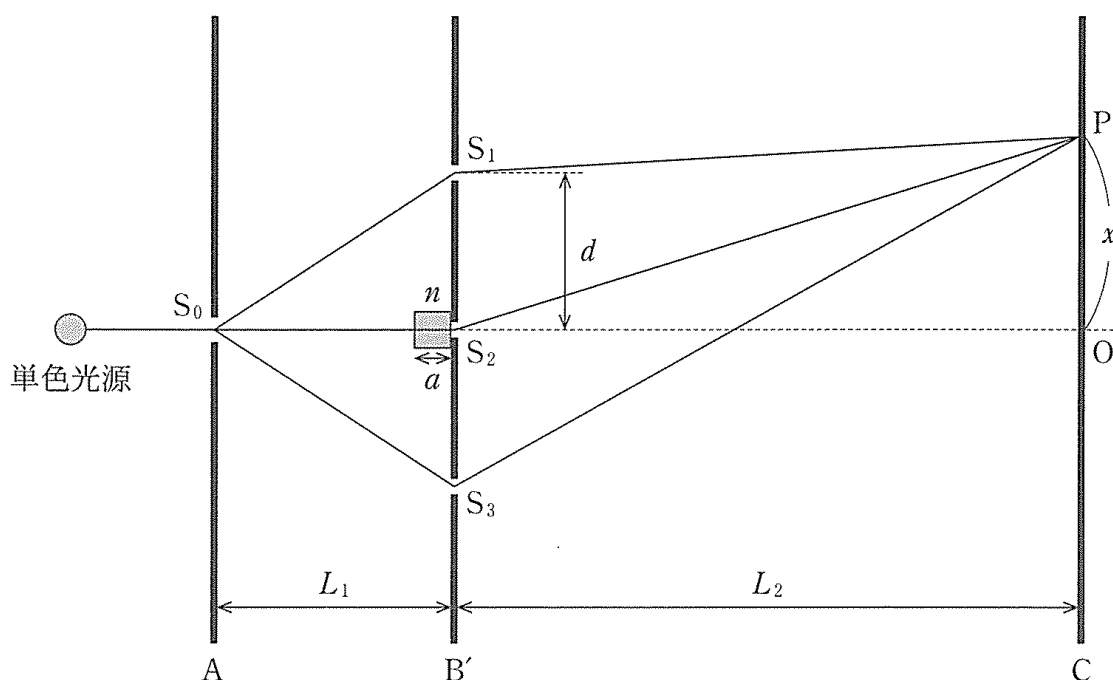


図 2

- (4) S_0 から S_2 までの光学距離が S_0 から S_1 までの距離よりも波長 λ の p 倍 (p は整数) だけ長かったとして、媒質の厚さ a を、 L_1, d, λ, n および p を用いて表せ。
- (5) $L_1 = 5.0 \text{ mm}$, $d = 100 \mu\text{m}$, $\lambda = 0.60 \mu\text{m}$, $n = 1.1$, $p = 1$ のとき、上問(4)で求めた数式から媒質の厚さ a を計算せよ。単位には μm を用いよ。必要であれば、 $|\alpha| \ll 1$ のときに成り立つ近似式 $(1 + \alpha)^{\frac{1}{2}} \cong 1 + \frac{1}{2} \alpha$ を用いよ。

以下では x がスリットの間隔 d にくらべて十分大きいとする。このとき、隣り合うスリットから点 P に到達する光の光路差は問 1(1)の結果に等しく、
 $\delta_x = |S_2P - S_1P| = |S_3P - S_2P|$ が成り立つ。

(6) 以下の文章は、ついでに C 上の弱め合いの点に関して記したものである。空欄ア～エを補って文章を完成させよ。ただしアとイには光路差 δ_x と光の波長 λ を用いた式、ウとエには数値が入る。また、必要に応じて三角関数の公式 $\sin(\beta + \gamma) = \sin \beta \cos \gamma + \cos \beta \sin \gamma$ を用いよ。

S_2 を通ってついでに C 上の点 P に到達した光波のある時刻における位相が θ_0 [rad] となったとする。このとき、 S_1 、 S_3 を通って点 P に到達した光波の同じ時刻における位相は、それぞれ、 $\theta_0 - \boxed{\text{ア}}$ 、 $\theta_0 + \boxed{\text{ア}}$ と表すことができる。弱め合いの点では、これら位相がずれた 3 つの光波が互いに打ち消し合うことから、

$$\sin(\theta_0 - \boxed{\text{ア}}) + \sin \theta_0 + \sin(\theta_0 + \boxed{\text{ア}}) = 0$$

が成り立つ。この式を変形すると、 $(\boxed{\text{イ}}) \times \sin \theta_0 = 0$ となる。

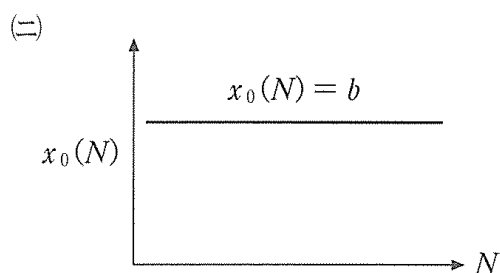
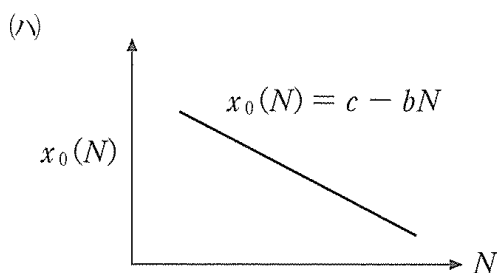
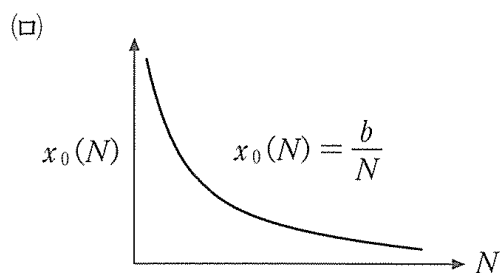
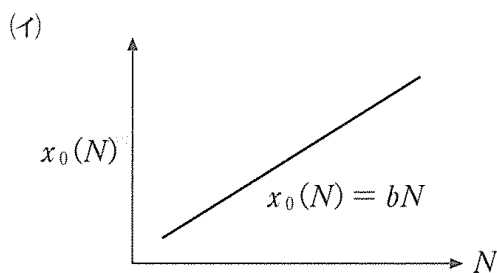
$\boxed{\text{イ}} = 0$ から、 $\boxed{\text{ア}}$ の値は $2\pi(m + \boxed{\text{ウ}})$ または $2\pi(m + \boxed{\text{エ}})(\boxed{\text{ウ}} < \boxed{\text{エ}})$ となる。ここで、 m は 0 以上の整数 ($m = 0, 1, 2, \dots$) を表す。

(7) 点 O からついでに C 上に現れる弱め合いの点までの距離のうち、最も小さいものを求め、 λ 、 L_2 、 d を用いて表せ。

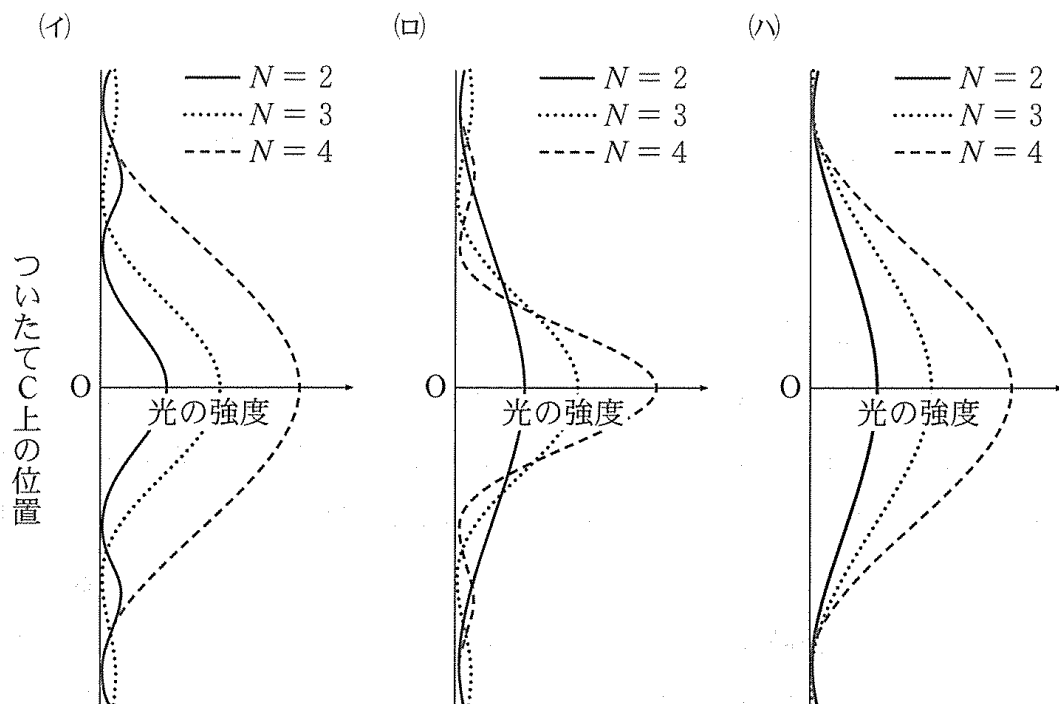
問 3 図 2 のついでに B' をスリット数が N のついでに B'' に置き換えた。スリットは、中心線 S_0O に対して対称に間隔 d [m] であけられている。上問では 3 つのスリットを通る光を同位相にするため媒質を用いたが、ここでは、すべてのスリットの位置における S_0 からの光波が同位相となる様に、ついでに A を B'' から、スリット間隔 d に対して十分大きな距離だけ離れた ($L_1 \gg d$)。以下では、スリット数が N のときついでに C 上に現れる弱め合いの点のうち点 O に最も近い点までの距離を $x_0(N)$ [m] と表すものとする。この表記を用いれば、問 1 (3) で求めた距離は $x_0(2)$ 、問 2 (7) で求めた距離は $x_0(3)$ と表すことができる。また、 $L_2 = 1.0$ m, $\lambda = 0.60$ μ m, $d = 100$ μ m とする。

(8) $N = 6$ のとき、点 O に最も近い弱め合いの点までの距離 $x_0(6)$ を測定したところ、 1.0 mm となった。この結果を、スリット数 N を横軸、 $x_0(N)$ を縦軸にとった解答用紙のグラフに黒い点でプロットした。この点にならって、 $N = 2, 3$ についての結果を、同じグラフにプロットせよ。

(9) 上問(8)で $N = 2, 3, 6$ に対してプロットした点から N と $x_0(N)$ の関係式を推測し、下の(イ)~(ニ)から最も適切なものを選べ。ただし式中に含まれる b [m], c [m] は、 0 より大きい定数とする。



- (10) 上問(9)の関係から、スリット数 N が 2, 3, 4 と増加したときに現れる干渉縞の変化について考える。縦軸についたて C 上の位置、横軸に光の強度をとったグラフの概形として最も適切なものを下の(イ)~(ハ)から選べ。



- (11) スリット数 N が分からないついたてを用いて、 $x_0(N)$ を測定すると 0.75 mm であった。このとき、上問(9)で推測した関係式が成り立つとして、 N を求めよ。

多スリットの場合と同様の干渉パターンは、結晶格子による X 線の回折でも現れる。上で述べた原理は、結晶性の微粒子に照射した X 線の回折像から、粒子の大きさ(結晶格子の数と対応)を推定する手法に応用されている。

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8に答えよ。問2，問3，問7は解答に至る導出過程も記すこと。

化学反応では，反応物がもつエネルギーと生成物がもつエネルギーは異なることが多く，その差はおもに熱の出入りとして現れる。系の熱を外界に放出しながら進行する反応を発熱反応といい，外界の熱を系に吸収しながら進行する反応を吸熱反応という。反応物や生成物などの，物質がもつエネルギーは，エンタルピーという量で表される。一定圧力下での化学反応で，吸収あるいは放出される熱量を反応エンタルピー^①という。系の熱を外界に放出しながら反応が進行する場合，反応エンタルピー ΔH は の値となり，反応は自発的に進みやすい。一方，氷の融解のように，外界の熱を系に吸収しながら自発的に進行する変化もある。このような現象がみられるのは，固体と液体の乱雑さが異なるためである。乱雑さ S は という量で表される。一般に，化学反応や状態変化は，乱雑さの変化 ΔS が の値になる方向に進みやすい。したがって，ある化学反応や状態変化の起こりやすさを考えるときには，熱の出入り ΔH と乱雑さの変化 ΔS の両方を考慮する必要がある。

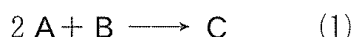
化学反応には，瞬間的に起こる速い反応から非常に遅い反応まで，さまざまなものがある。反応速度^②は，単位時間あたりの反応物の減少量または単位時間あたりの生成物の増加量で表される。化学反応において，反応物から生成物に変化する過程で通る最もエネルギーが高い状態を といい， になるために必要なエネルギーを活性化エネルギーという。一般に，濃度が高いほど，反応速度は大きくなる。^③また，温度が高いほど，反応速度は大きくなる。^④反応の前後で自身は変化せず，反応速度を大きくする物質を触媒^⑤といい，化学工業製品の製造や排ガスの浄化などに利用されている。

化学反応式の左辺から右辺に変化する正反応だけでなく、右辺から左辺に戻る逆反応も起こる場合があり、このような反応を 反応という。また、正反応と逆反応の反応速度が等しくなり、見かけ上反応が止まったように見える状態を平衡状態^⑥という。反応が平衡状態にあるとき、濃度・圧力・温度などの反応条件を変えると、その影響を打ち消すように正反応あるいは逆反応が進んで新しい平衡状態になる。これを の原理という。

問 1 文中の空欄 ~ に当てはまる適切な語を記せ。

問 2 下線部①に関して、反応エンタルピーには、燃焼エンタルピーや生成エンタルピーなど、反応の種類により固有の名称でよばれるものがある。25℃における生成エンタルピーが、メタンCH₄(気)：-74.8 kJ/mol、二酸化炭素CO₂(気)：-393.5 kJ/mol、水H₂O(液)：-285.8 kJ/molのとき、メタンCH₄(気)の燃焼エンタルピー(kJ/mol)を求め、小数点以下を四捨五入して整数で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。

問 3 下線部②に関して、反応速度は、ある時間における反応物濃度と反応速度定数を使った反応速度式で表すことができる。



物質 A と物質 B が反応して物質 C が生成する式(1)の化学反応式で表される反応がある。ある温度で、A の濃度 [A] と B の濃度 [B] を変えて実験を行ったところ、C が生成する反応速度 v は、表 1 のように変化した。この反応の反応速度定数 k の値を求め、3桁目を四捨五入して有効数字 2桁で記せ。反応速度定数 k には単位を付け、解答に至る導出過程も記すこと。

表1 AとBの濃度と反応速度

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	v [mol/(L·s)]
0.15	0.10	0.23
0.30	0.10	0.46
0.15	0.20	0.92

問4 下線部③に関して、二つの反応物が関わる化学反応で、濃度が高いほど、反応速度が大きくなる主な理由を1行で記せ。

問5 下線部④に関して、温度が高いほど、反応速度が大きくなる主な理由を1行で記せ。

問6 下線部⑤に関して、反応エンタルピーおよび活性化エネルギーは、触媒を加えると、それぞれどのように変化するかを答えよ。以下の選択肢(A)~(C)から適するものを選び、記号で記すこと。

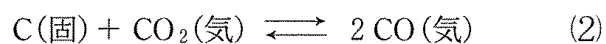
[選択肢] (A)大きくなる (B)小さくなる (C)変わらない

問7 下線部⑥に関して、平衡状態に関する以下の実験を行った。(ア)と(イ)の問いに答えよ。

(ア) 容積2.0 Lの密閉容器に、水素 H_2 1.20 molとヨウ素 I_2 0.75 molを入れて、一定温度に加熱したところ、生成したヨウ化水素HIの物質量が1.20 molで平衡状態となった。この温度での平衡定数を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。

(イ) 容積4.0 Lの密閉容器に、水素 H_2 1.80 molとヨウ素 I_2 1.80 molを入れて、(ア)と同じ温度に加熱した。平衡状態でのヨウ化水素HI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。解答に至る導出過程も記すこと。

問 8 式(2)に示す反応が平衡状態にあるとき、温度一定で、(ア)~(カ)の操作を行うと平衡はどのように移動するかを答えよ。以下の選択肢(A)~(C)から適するものを選び、記号で記すこと。ただし、(イ)と(エ)に関しては、固体の添加による体積変化は無視できるものとする。



[選択肢] (A) 右に移動する (B) 左に移動する (C) 移動しない

- (ア) 体積を半分にする
- (イ) 炭素 C(固)を加える
- (ウ) 一酸化炭素 CO(気)を加える
- (エ) 触媒(固)を加える
- (オ) 全圧一定で、ヘリウム He を加える
- (カ) 体積一定で、ヘリウム He を加える

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

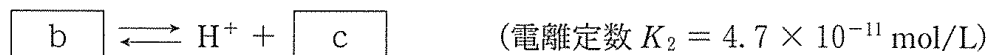
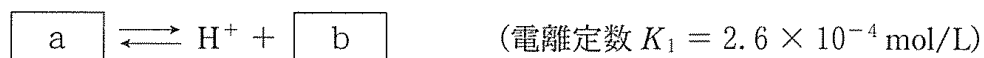
$$\log_{10} 1.023 = 0.010 \quad \log_{10} 1.7 = 0.230 \quad \log_{10} 2.6 = 0.415$$

$$\log_{10} 3.4 = 0.531 \quad \log_{10} 4.2 = 0.623 \quad \log_{10} 4.7 = 0.672$$

25℃・1.0×10⁵ Paにおける水のイオン積は $K_w = 1.023 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ である。この温度・圧力における純水の理論上のpHは であるが、実験室で製造した蒸留水のpHを測定すると よりも小さい値が得られることが多い。蒸留水の製造・保管過程で、大気中のCO₂と接触することが原因である。この理由について定量的に考えてみよう。温度は25℃であり、すべての反応が平衡状態に達しているものとする。また、水中における物質Aの濃度(mol/L)を[A]と表記する。

純水に1.0×10⁵ PaのCO₂を接触させると、水1.0Lあたり3.4×10⁻² molのCO₂が溶解する。水に溶解するCO₂の物質量は、その水に接しているCO₂の圧力が高くなるほど増加する。物質の溶解度が圧力に比例する法則を の法則という。大気中のCO₂の分圧が4.2×10 Paであり、 の法則が成り立ち、さらにCO₂の溶解による水の体積変化を無視できるとすると、この大気(1.0×10⁵ Pa)と接する水1.0Lには ×10⁻⁶ molのCO₂が溶解することになる。

溶解したCO₂の一部は、水分子と反応して となる。平衡状態において、 $[\text{a}]/[\text{CO}_2] = 1.7 \times 10^{-3}$ である。 は、以下のように二段階で電離する。



これらの電離過程でH⁺が発生するため、CO₂を溶解した水は酸性を示すわけである。 , , の濃度比はpHによって変化するが、水中の陽イオン^①の電荷の総和と陰イオンの電荷の総和は等しく保たれるので、次式が成り立つ。

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{b}] + 2[\text{c}] \quad (1)$$

式(1)の右辺について、酸性の条件下では $[\text{OH}^-]$ と $2[\text{c}]$ は、 $[\text{b}]$ に比べて十分に小さな値となることが予想されるので、

$$[\text{H}^+] = [\text{b}] \quad (2)$$

と近似する。式(2)を用いて CO_2 分圧が $4.2 \times 10 \text{ Pa}$ の大気に接した水のpHを計算すると $[\text{Z}]$ となる。

大気中の CO_2 の溶解は、蒸留水だけでなく海水に対しても起こる。貝やサンゴなどの海洋生物は炭酸カルシウムを主成分とした外骨格をもつが、これは海水中に溶け込んだ CO_2 を原料として合成されたものである。 $[\text{イ}]$ 石は炭酸カルシウムを主成分とした鉱石である。日本における $[\text{イ}]$ 石の自給率はほぼ100%であるが、その大部分は海洋生物に由来するものである。炭酸カルシウムに塩酸を加えると CO_2 が発生する。また、炭酸カルシウムを 900°C で加熱すると、固体として生 $[\text{イ}]$ ($[\text{d}]$)が得られる。生 $[\text{イ}]$ に水を加えると水酸化カルシウムが得られる。水酸化カルシウムと水の混合物に塩素ガスを吸収させると、さらし粉が得られる。さらし粉を水に溶かすと、陰イオンとして $[\text{ウ}]$ イオン ($[\text{e}]$)と $[\text{エ}]$ イオン ($[\text{f}]$)が生じる。

さらし粉は殺菌や漂白用途で利用されるが、これは $[\text{ウ}]$ イオン ($[\text{e}]$)が強い酸化力をもつためである。

問1 文中の空欄 $[\text{ア}]$ ~ $[\text{エ}]$ に入る適切な語と、 $[\text{a}]$ ~ $[\text{f}]$ に入る適切な化学式またはイオン式を記せ。

問2 文中の空欄 $[\text{X}]$ ~ $[\text{Z}]$ に入る数値を求めよ。ただし、 $[\text{X}]$ は、小数点以下第2位を四捨五入して小数点以下第1位まで記すこと。 $[\text{Y}]$ は、小数点以下第1位を四捨五入して整数値で記すこと。 $[\text{Z}]$ は、小数点以下第2位を四捨五入して小数点以下第1位まで記すこと。いずれも、解答に至る導出過程も記すこと。

問 3 下線部①について、 $[\text{ b }] = [\text{ c }]$ となる pH を求め、小数点以下第 2 位を四捨五入して小数点以下第 1 位まで記せ。解答に至る導出過程も記すこと。

問 4 下線部②の反応を化学反応式で記せ。

問 5 下線部③について、さらし粉などの塩素系漂白剤のラベルには「まぜるな危険」と警告表示されていることがある。さらし粉に塩酸を加えた際に起こる反応を化学反応式で記せ。また、この反応が危険とされる理由を 1 行で記せ。

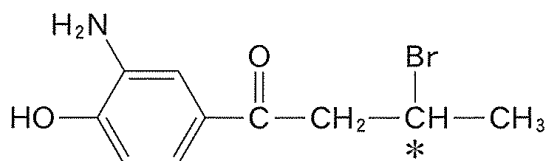
Ⅲ A, B共に全員が解答すること。

A 次の文章を読み、以下の問1～問7に答えよ。構造式は例にならって記すこと。

必要であれば、以下の値を用いよ。

原子量 H:1.0 C:12 N:14 O:16

[例]



ベンゼン環を一つ有する化合物 A, B, C がある。

化合物 A は、化合物 D のナトリウム塩に二酸化炭素を加熱・加圧して反応させ、希硫酸を作用させた後に、無水酢酸を作用させることで合成できる。化合物 D は、触媒の存在下、ベンゼンとプロペンを反応させた化合物を酸素で酸化したのちに、硫酸で分解することで得られる。

化合物 B は酸性化合物であり、化合物 E を過マンガン酸カリウム水溶液と共に長時間加熱し、弱酸を作用させることで得られる。化合物 E は、適切な触媒存在下、プロピンと 1-ブチン($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$)を高温で十分に反応させると得られる分子量 134 の芳香族化合物の一種である。化合物 B を加熱したところ、分子量が 18 減少した酸性化合物 F が得られた。

分子式 C_8H_{10} の芳香族化合物を濃硝酸と濃硫酸でニトロ化したところ、分子式 $\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$ の化合物 C がただ一つの化合物として得られた。化合物 C をスズと塩酸で反応させることで化合物 G が合成できる。

問 1 下線部(a)の反応の工業的製法の名称を記せ。また、化合物 D の構造式、および D と共に得られる化合物の化合物名を記せ。

問 2 化合物 A の構造式と化合物名を記せ。

問 3 化合物 D に関して次の実験を行った。下線部(c)および(d)で起こる反応の化学反応式を記せ。また、下線部(d)の反応名を答えよ。

実験：アニリンの希塩酸溶液を冷却し、これに亜硝酸ナトリウム水溶液を加えて
ジアゾニウム塩を合成した。このジアゾニウム塩に化合物 D と水酸化ナトリウ
ムの水溶液を添加したところ、橙色の化合物が生成した。

問 4 下線部(b)と同様の反応条件でアセチレンを反応させるとベンゼンが生成する。下線部(b)の反応で得られる可能性のある分子量 134 のすべての芳香族化合物の構造を例にならって記せ。

問 5 1-ブチンは他の反応に利用することもできる。1-ブチンに硫酸水銀(II)を触媒として水を付加させた際に、得られる可能性のある化合物の構造式をすべて記せ。

問 6 化合物 B, F の構造式を例にならって記せ。

問 7 化合物 C, G の構造式を例にならって記せ。

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

原子量 H : 1.0 C : 12 O : 16

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

絶対温度 $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$

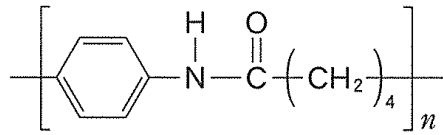
現在，生活のあらゆる場面において高分子材料が使用されており，我々にとっては非常に身近な存在である。1900年頃は⁽¹⁾デンブンプンやセルロース，生ゴムなどの高分子は，低分子が会合したミセルのようなものと考えられていた。しかし1920年代になると，シュタウディンガーはアセチル化前後のデンブンプンの溶液の浸透圧を測定し，⁽²⁾デンブンプンなどは低分子が会合したミセルではなく，共有結合でつながった高分子であることを証明した。デンブンプンは が共有結合でつながった高分子であり，分子内でヒドロキシ基同士が を形成している。もしデンブンプンが の会合ミセルであるならば，アセチル化によりヒドロキシ基同士が を形成できなくなり，そのミセルのサイズ(会合数)は低下するはずである。しかし実際の実験で得られた会合数はアセチル化前後で変化せず，デンブンプンは共有結合でつながった高分子であることが確認された。

現在では様々な種類の高分子が発見，製造されており，デンブンプンやセルロースのような自然由来の 高分子や，^(A)ポリプロピレンや^(B)ポリ塩化ビニリデンのような石油由来の 高分子がある。これらの高分子材料を紡糸することで衣料や自動車などの用途に用いられる繊維が得られる。繊維には 繊維や 繊維の他に，銅アンモニアレーヨンなどの 繊維や，アセテート(アセチルセルロース)などの 繊維がある。また，ポリアクリロニトリル繊維を1000℃以上の高温で焼成して製造される 繊維を高分子と複合化させた素材は金属よりも軽量，高強度であるため，航空機などに用いられている。

問1 文中の空欄 ～ に当てはまる適切な語を記せ。

問 2 文中の下線部(A), (B)の構造式を次の例にならって記せ。

[例]



問 3 下線部(1)において，デンプンの主成分はアミロースとアミロペクチンであり，この2つの割合が変わることで，お米を炊いた時の粘り気の違いが生まれる。(a)アミロースとアミロペクチンにはどのような構造の違いがあるか。また，(b)どちらが多いと粘り気が増えるか。それぞれ1行で説明せよ。

問 4 下線部(2)において，デンプンのアセチル化に関する以下の問い(a)~(c)に答えよ。

(a) デンプン溶液にヨウ素を加えると，ヨウ素デンプン反応により青～赤紫色の呈色を示す。しかし，アセチル化の割合が高いデンプンでは呈色を示さなかった。デンプンの構造の観点から，呈色を示さなかった理由を2行以内で説明せよ。

(b) あるデンプン 1.0 g を溶媒 1.0 L に溶かし，その溶液の浸透圧を測定した。浸透圧 Π とモル濃度 c の関係は，以下のファントホッフの式で与えられる。

$$\Pi = cRT$$

ここで R は気体定数， T は絶対温度である。温度 27 °C で測定したところ，デンプン溶液の浸透圧は 150 Pa であった。この時，デンプンの分子量を整数値で求めよ。解答に至る導出過程も記すこと。

(c) (b)のデンプンのヒドロキシ基を部分的にアセチル化した。その生成物 1.0 g を溶媒 1.0 L に溶かし、温度 27 °C でその溶液の浸透圧を測定したところ、91 Pa であった。(b)の浸透圧との比から、ヒドロキシ基のうちアセチル化されている割合を百分率(%)で求め、小数点以下第 1 位を四捨五入して整数で記せ。ただし、末端構造は無視してよい。解答に至る導出過程も記すこと。