香川大学

平成２３年度 一般前期

問題冊子

教　科	科　目	ページ数
理　科	物　理	10

試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は，すべて別紙解答用紙の所定欄に，はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は，きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には，解答と選択した選択問題の番号，志望学部及び受験番号のほかはいっさい記入しないこと。
4. **問題〔Ⅳ〕，〔Ｖ〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔Ⅳ〕，〔Ｖ〕のうち，選択した問題の番号を解答用紙３ページ目の所定の枠内に記入すること。**

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後，解答用紙１ページ目，３ページ目に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は，願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は，片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には，いっさい応じないが，その他の用事があるときは，だまって手をあげて，監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には，解答用紙を机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後，問題冊子および下書き用紙は持ち帰ること。

〔Ⅰ〕 図1のように床の上に置かれた高さhの台の上に，直径dが等しく，長さが異なる鉄の丸棒BとCが少し離れて紙面に垂直になるように置かれている。長さlの軽くて細い糸の一端に直径dの鉄の球Aをつけ，他端を点Oに固定する。糸を張りながら球Aを持ち上げ，糸が水平となる位置で，球Aを静かに放す。丸棒Bと丸棒Cの重心は球Aの重心が通る鉛直面にあるものとする。球A，丸棒B，丸棒Cのそれぞれの質量をM，m_1，m_2として，以下の問いに答えなさい。ただし，球A，丸棒B，丸棒Cの直径dは糸の長さlに比べて十分小さいものとする。また，球Aと台，丸棒Bと台，丸棒Cと台の間の摩擦は無視できるものとし，すべての衝突は弾性的とする。重力加速度はgとする。

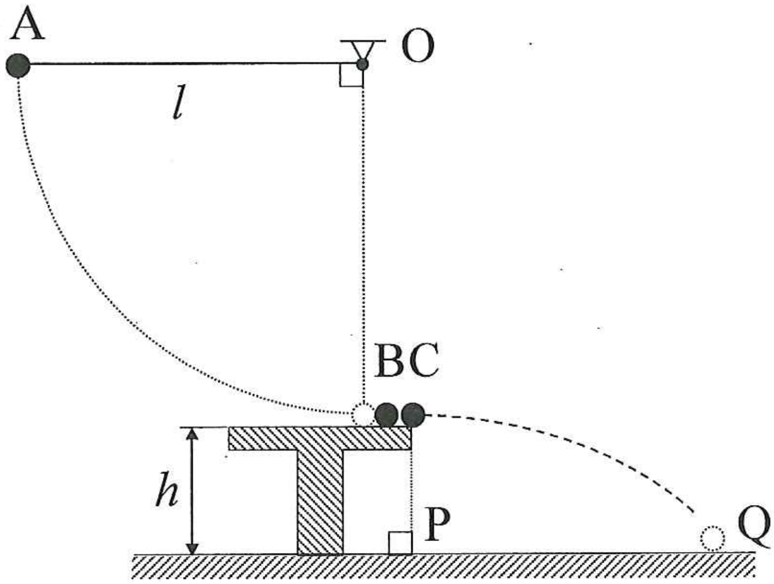

図1

(1) 球Aが丸棒Bに衝突する直前の速さv_0を答えなさい。

(2) 球Aが丸棒Bに衝突した直後の丸棒Bの速さv_1を答えなさい。

(3) 丸棒Bが丸棒Cに衝突した直後の丸棒Cの速さv_2を答えなさい。

丸棒Bが丸棒Cに衝突した後，丸棒Cは放物運動をしてQ点で床にあたった。丸棒Cの静止位置から床に下ろした垂線と床との交点をP点とし，PQ間の距離を飛距離sとする。

(4) 球A，丸棒B，丸棒Cの質量が等しいとき，飛距離sは糸の長さlに等しかった。このときの台の高さhを答えなさい。

(5) 球A，丸棒B，丸棒Cの質量が等しく，かつ台の高さhが糸の長さlに等しいとき，球Aが丸棒Bに衝突するまでの軌跡の長さをk_1，丸棒Cが最初に床にあたるまでの軌跡の長さをk_2とする。k_1とk_2の大小関係は次のいずれが適切か一つ選び，その記号を答えなさい。

ア．$k_1 > k_2$　　イ．$k_1 = k_2$　　ウ．$k_1 < k_2$

(6) 丸棒Bと丸棒Cの質量が等しいときの飛距離をs_1とする。丸棒Cの質量を丸棒Bの質量に比べて十分小さくしていくと，飛距離sはs_1の何倍に近づくか。

〔Ⅱ〕　3個の電気抵抗 R_1 [Ω], R_2 [Ω], R_3 [Ω]を図2のように直列に接続し，これに正弦波交流電源を用いて電圧の実効値が V_e [V]の交流電圧を加えた。

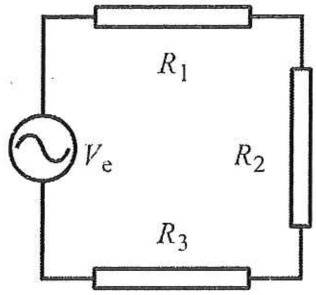

図2

(1) 電気抵抗 R_1 を流れる交流電流の実効値 I_1 [A]と，電気抵抗 R_1 が消費する電力の時間平均 $\overline{P_1}$ [W]を答えなさい。

(2) この回路が消費する電力の時間平均 $\overline{P}$ [W]を答えなさい。

次に，3個の電気抵抗 R_1 [Ω], R_2 [Ω], R_3 [Ω]を図3のように並列に接続し，これに正弦波交流電源を用いて電圧の実効値が V_e [V]の交流電圧を加えた。

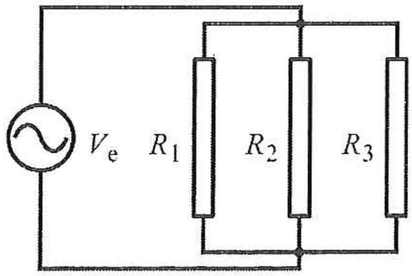

図3

(3) 電気抵抗 R_1 を流れる交流電流の実効値 I_1 [A]と，電気抵抗 R_1 が消費する電力の時間平均 $\overline{P_1}$ [W]を答えなさい。

(4) この回路が消費する電力の時間平均 $\overline{P}$ [W]を答えなさい。

次に，電気抵抗 R_1 [Ω], 電気抵抗を無視できるインダクタンス L [H]のコイル，電気容量 C [F]のコンデンサーを図4のように直列に接続し，これに周波数を変更できる正弦波交流電源を用いて電圧の実効値が V_e [V]の交流電圧を加えた。

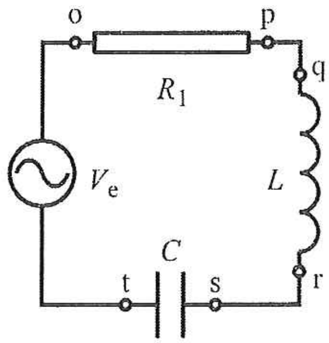

図4

電気抵抗両端 op 間の電圧の実効値 V_R [V]を測定しながら周波数を変更すると，ある周波数 f_M [Hz]で電圧の実効値 V_R [V]は最大となり，電源電圧の実効値 V_e [V]と等しくなった。

(5) コイルのインダクタンス L [H]とコンデンサーの電気容量 C [F], 周波数 f_M [Hz]の関係を示しなさい。

(6) 電気抵抗両端 op 間，コイル両端 qr 間，コンデンサー両端 st 間の電圧の時間変化を同時にオシロスコープで測定すると，電気抵抗両端 op 間の電圧の時間変化は図5(a)の正弦波形となった。コイル両端 qr 間，コンデンサー両端 st 間で

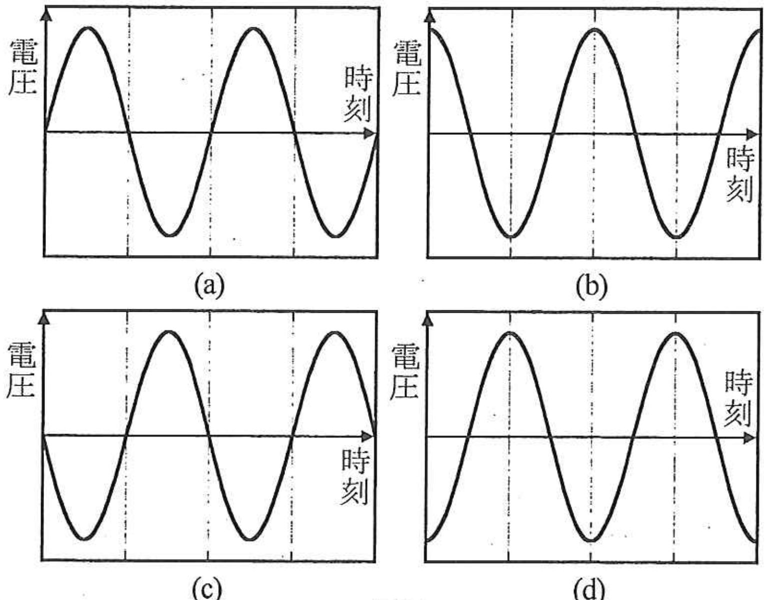

図５

観察される波形の位相関係を正しく表した図を，それぞれ図５の(a)〜(d)の中から選択しなさい。ただし，縦軸（電圧）の値は任意である。

(7) 電気抵抗 R_1 を流れる交流電流の実効値 I_1 [A]と，電気抵抗 R_1 が消費する電力の時間平均 $\overline{P_1}$ [W]を答えなさい。

(8) この回路が消費する電力の時間平均 $\overline{P}$ [W]を答えなさい。

電気抵抗 R_1 [Ω]，電気抵抗を無視できるインダクタンス L [H]のコイル，一度完全に放電させた電気容量 C [F]のコンデンサーを図６のように並列に接続し，正弦波交流電源を用いて周波数 f_M [Hz]，電圧の実効値が V_e [V]の交流電圧を加えた。

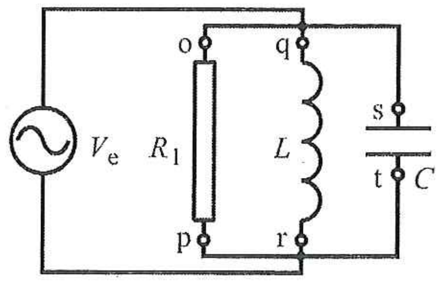

図６

電気抵抗 R_1 両端 op 間，コイル両端 qr 間，コンデンサー両端 st 間の電圧の時間変化を同時にオシロスコープで測定すると，すべて電圧の実効値は V_e [V]で位相も一致し，図５(a)の正弦波形となった。

(9) 電気抵抗 R_1 を流れる交流電流の実効値 I_1 [A]と，電気抵抗 R_1 が消費する電力の時間平均 $\overline{P_1}$ [W]を答えなさい。

(10) この回路が消費する電力の時間平均 $\overline{P}$ [W]を答えなさい。

〔Ⅲ〕　図7のように，x軸の正の向きに一定の速さvで正弦波が進む。この波の波長をλ，振幅をAとする。このとき，媒質の各点は単振動をする。いま，時刻$t=0$に，媒質の各点について図のような変位が観測できたとして，以下の問いに答えなさい。

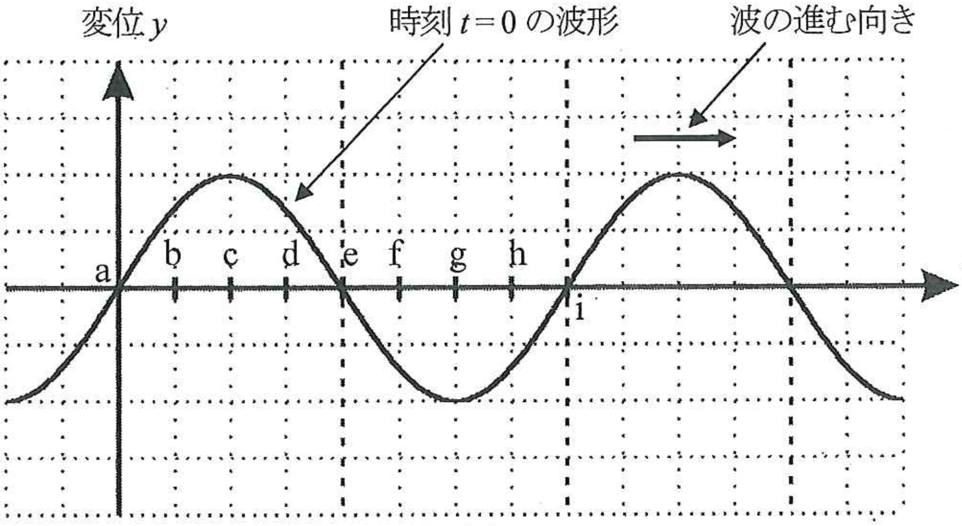

図7

(1) ア）位置iにおける媒質の振動の周期を答えなさい。

イ）位置iにおける媒質の変位yと時刻tの関係をグラフで表しなさい。

ウ）位置cにおける媒質の速度uと時刻tの関係をグラフで表しなさい。ただし，媒質の速さの最大値をUとしてよい。

(2) 図7に示した波に対して振幅，波長がともに2倍の正弦波がx軸の正の向きに一定の速さvで進むとき，

ア）媒質の振動の周期は，図7の波の何倍か答えなさい。

イ）媒質の速さの最大値は，図7の波の何倍か答えなさい。

(3) 図7は，媒質の変位をy軸へ移して，縦波を横波のように表わしているものとする。このとき，時刻$t=0$において，図中の位置aから iのうちもっとも密な点をすべて挙げなさい。

次に，図８のように，波長 λ，振幅 A の正弦波（図８中の実線の波）が x 軸の正の向きに一定の速さ v で進むとともに，同じ速さ v で x 軸の負の向きに進む同じ波長で同じ振幅の正弦波（図８中の点線の波）がある場合を考える。実線の波の進む速さと波形は図７の波と同じである。ただし，図８の状態を時刻 $t=0$ とする。また，図中の位置 a から i は等間隔に取られている。

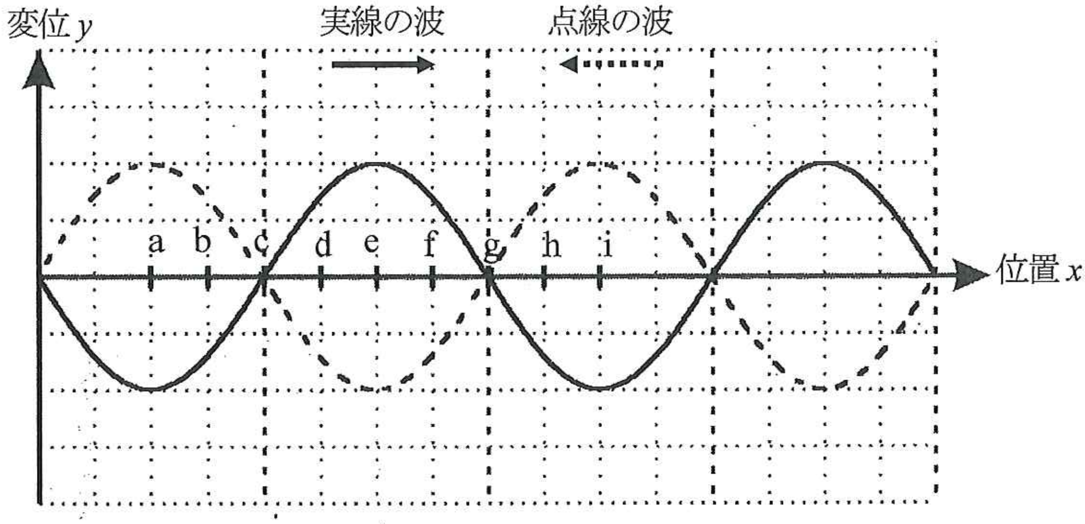

図８

(4)　ア）時刻 $t=0$ における合成波を描きなさい。

　イ）図中の位置 a から i のうち，時刻 $t=0$ における媒質の速さがもっとも大きな点をすべて答えなさい。ただし，すべての点で速さが 0 である場合は，「すべてゼロ」と答えなさい。

(5)　ア）位置 d での媒質の振動の周期は，図７の波の何倍か答えなさい。

　イ）位置 d での媒質の変位の最大値は，図７の波の振幅の何倍か答えなさい。

　ウ）位置 g での媒質の速さの最大値は，図７の波の媒質の速さの最大値の何倍か答えなさい。

〔IV〕 選択問題

1辺の長さ L の立方体の箱の内部に存在する理想気体の単原子分子の状態について考える。箱の内部の温度や圧力は一様な状態にあるものとし，箱の面を介して内部と外部との間で熱の交換はないものとする。また，気体分子と壁の衝突は弾性衝突であるとして，以下の問いに答えなさい。

図9のように箱の中に分子1個の質量が m_A である気体分子Aが n_A 個あったとする。この分子の速度 $\vec{v}$ の x, y, z 成分をそれぞれ v_x, v_y, v_z とし，n_A 個の分子についての v_x^2, v_y^2, v_z^2 の平均を，それぞれ $\overline{v_x^2}, \overline{v_y^2}, \overline{v_z^2}$ とする。

(1) 1個の気体分子Aが時間 Δt の間に面S($x=L$ で x 軸に垂直な面）に与える力積を m_A, n_A, $\overline{v_x^2}$, L, Δt などの中から必要なものを用いて答えなさい。ただし、気体分子どうしの衝突は無視するものとする。

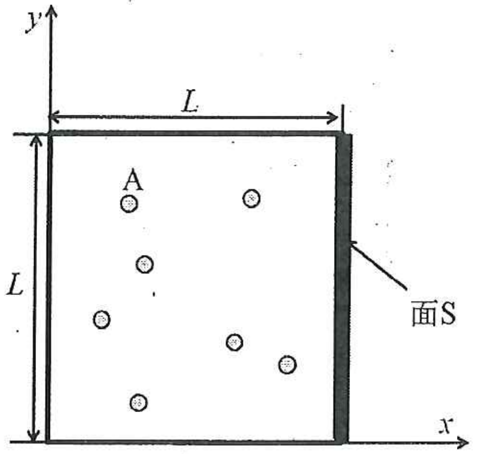

図9

(2) 気体分子 A の速さの 2 乗の平均 $\overline{v_A^2}$ を $\overline{v_x^2}$, $\overline{v_y^2}$, $\overline{v_z^2}$ を用いて答えなさい。

(3) 箱内の n_A 個の気体分子Aによって，面Sが受ける圧力を m_A, n_A, $\overline{v_A^2}$, L などの中から必要なものを用いて答えなさい。

(4) 箱内の温度が T_A であったとして，n_A 個の気体分子 A が持つエネルギーを T_A, m_A, n_A, L, k などの中から必要なものを用いて答えなさい。ただし k はボルツマン定数とする。

次に，ある箱の中に分子 1 個の質量が m_A である単原子気体分子 A が n_A 個あり，ここに分子 1 個の質量が m_B である単原子気体分子 B を混合させた後の状態について考える。気体分子 A と B は理想気体とし，気体分子 B を混合させた後の箱の内部の温度や圧力は一様な状態になるものとする。箱の面を介して内部と外部との間で熱の交換はないものとし，気体分子と壁の衝突は弾性衝突であるとする。気体分子 A は気体分子 B を加える前に温度が T_A, 速さの 2 乗の平均は $\overline{v_A^2}$ であったとする。

(5) 気体分子 B を 1 個加えて時間が十分に経過したとする。ただし n_A は 1 に比べて十分大きく内部の温度は変化していなかった。このとき気体分子 B の速さの 2 乗の平均を $\overline{v_B^2}$ とする。気体分子 A, B それぞれの速さの 2 乗の平均の比 $\overline{v_A^2}/\overline{v_B^2}$ を答えなさい。

(6) 気体分子 B が混合前に n_B 個あり箱と同じ体積のもとで温度 T_B であったとする。混合後時間が十分に経過したときの箱内部の温度を n_A, T_A, n_B, T_B などを用いて答えなさい。

(7) (6)において，混合後の気体分子 A, B の速さの 2 乗の平均をそれぞれ $\overline{V_A^2}$, $\overline{V_B^2}$ とする。このとき速さの 2 乗の平均の比 $\overline{V_A^2}/\overline{V_B^2}$ を答えなさい。

〔V〕 選択問題

(1) 次の文章中の$\boxed{}$に適切な式・数字・語句を記入せよ。なお，①②⑥には式，③⑦には数字（単位を含む），④⑤には語句を埋めよ。また，必要に応じて以下の近似値を用いよ。

$\sqrt{2} \fallingdotseq 1.4$, $\sqrt{3} \fallingdotseq 1.7$, $\sqrt{9.1} \fallingdotseq 3.0$

電子線が波としての性質を有していることを利用して電子顕微鏡が構成される。ここでは図 10 に示すような真空中に置かれた平行板コンデンサーを利用した電子線加速装置を考える。電子線源（フィラメントなど）から放出されたほとんど速さを有さない電子は，コンデンサー内の電位差 V により速さ v まで加速される。エネルギー保存の法則より，電気素量を e ($= 1.6\times10^{-19}$ C)，電子の質量を m ($= 9.1\times10^{-31}$ kg) とすれば，$v = \boxed{①}$となる。加速された電子線を物質波として考える場合，プランク定数 h ($= 6.6\times10^{-34}$ J・s)を用いれば波長λは$\boxed{②}$と表すことができる。たとえば，25 kV で電子線を加速すると波長は$\boxed{③}$となる。

物質の結晶構造を調査する際に用いられる X 線は，十分に加速された電子により得ることが出来る。加速された電子線を銅などのターゲットに照射すると種々の波長を有する X 線が発生し，図 11 に示すような X 線スペクトルが得られる。波長λ_{min}を最小値として広範囲の波長にわたり連続的に分布する X 線は$\boxed{④}$と呼ばれ，波長λ_1，λ_2，λ_3，…のように特定波長で強い強度を持つ X 線は$\boxed{⑤}$と呼ばれる。真空中の光速を c ($= 3.0\times10^{8}$ m/s)とすれば，$\lambda_{min} = \boxed{⑥}$と示される。たとえば 25 kV で加速された電子線を用いた場合，波長λ_{min}は$\boxed{⑦}$となる。また，銅の場合に得られる$\boxed{⑤}$のうち，最も強い強度を有するものの波長は 1.5×10^{-1} nm であることが知られている。

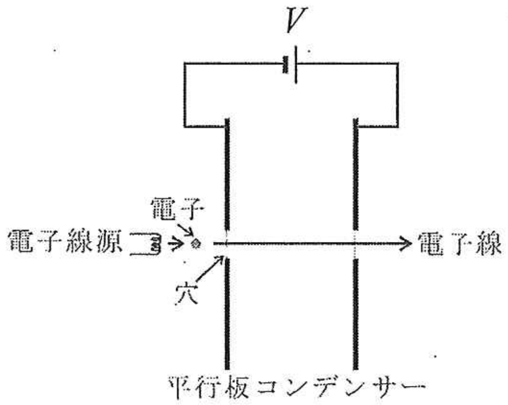

図 10

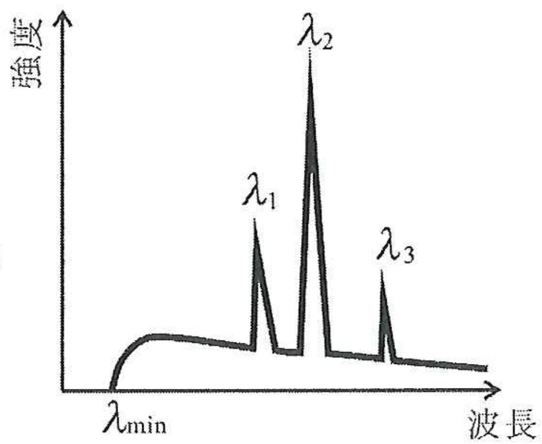

図 11

次に，図 12 に示したような，間隔 d を有する原子が配列した平面を持つ金属の結晶に X 線を照射する際の回折現象を考える。今，原子の配列面からの角度がθとなる方向から波長λ_iを有する X 線を入射させたとする。

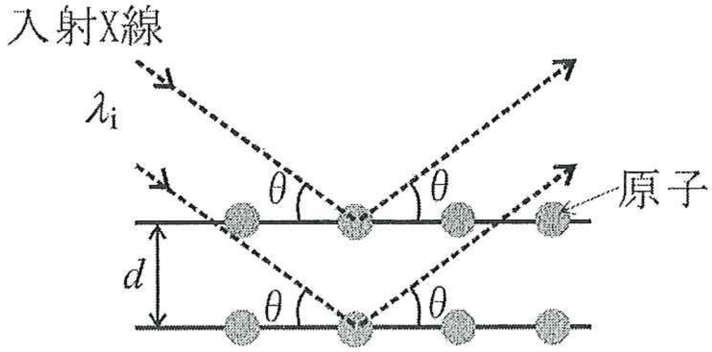

図 12

(2) 回折が生じる条件を式で示せ。ただし，正の整数を示す文字を n として用いてよい。

(3) (1)で示した方法で得られた波長 1.5×10^{-1} nm の X 線を鉄の結晶に入射させた場合，$\theta = 16^\circ$ で強い回折が認められた。この回折を生じさせた原子の配列面間隔 d のうち最小の値を求めよ。必要に応じて以下の近似値を用いよ。

$\sin 16^\circ \fallingdotseq 0.28, \quad \cos 16^\circ \fallingdotseq 0.96$