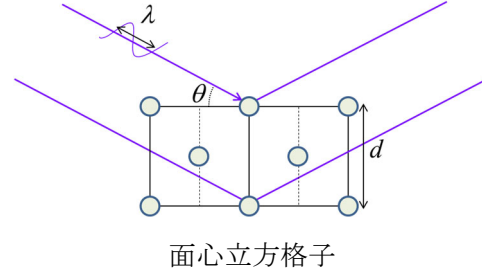
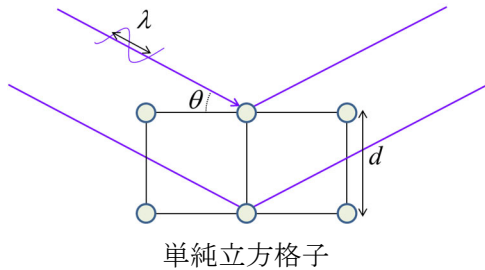


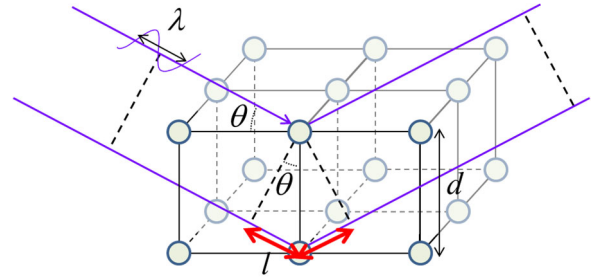
- (1) X 線の波長を λ 、単純立方格子の格子点の間隔を d とし、図のような角度 θ で単純立方格子に X 線が入射した場合 (図左)、散乱する X 線が強め合う条件を、図を利用しつつ λ, d, θ を用いて書け。また単純立方では強め合う X 線の入射条件と同じ幾何配置の面心立方格子 (図右) に X 線を照射した場合、散乱する X 線は同様に強め合うか、あるいは逆に弱めあうか、図を利用しつつ理由と共に説明せよ。(15 点)



図の 1 の部分が波長の整数倍の時強め合うので、

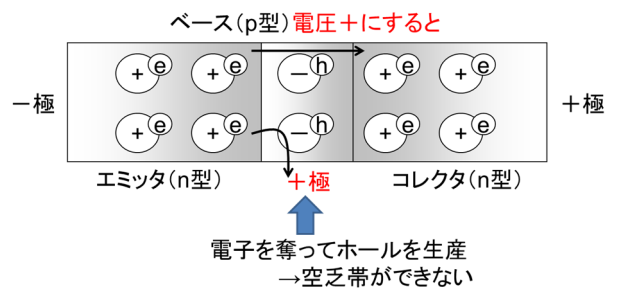
$$l = 2d \sin \theta = n\lambda$$

の時に強め合う。単純立方格子の場合に強め合う条件となっている場合、同様の配置で面心立方格子に X 線を照射すると、半波長分の光路差が発生することにより散乱波同士の位相が逆転してしまうため、互いに弱めあう。



- (2) トランジスタは、半導体、金属、超伝導体の内、どれを接合したものか解答せよ。また、どのような機能を示すか、図を用いつつ動作原理と共に説明せよ。(15 点)

トランジスタは、2 つの N 型半導体で P 型半導体を挟んだ構造 (2 つの P 型半導体で N 型半導体を挟んだ構造でもよい) をしており、エミッターコレクタ間に電圧をかけても、ベースが電位 0 の場合はコレクターベース間に空乏帯ができて電流は流れない。一方ベースの電位を + にすると、ベースにホールを供給する結果エミッタに電子が供給され続け、一部はベースのホールと対を作り一部は + 極側に移動する。そのため、エミッターコレクタ間に電流が流れる。よって、ベースの電位を制御することにより、素子両端に流れる電流を制御できる。



(3) Curie-Weiss の法則は

$$\chi = \frac{C}{T - \theta}$$

C : Curie 定数
 T : 温度、 θ : Weiss 定数

のように書ける。強磁性体の振舞いを Curie-Weiss の法則に基づき説明せよ。その際、 θ の符号を明らかにし、 T が θ より非常に大きい場合、 θ 以上だが θ に近い場合、 θ 以下の場合に分けて説明すること。(15 点)

Curie-Weiss の法則に則った挙動が問題文のように定義された場合、 θ が正の時に強磁性的相互作用が働く。 T が θ より非常に大きい場合には常磁性体にみられる Curie の法則に従った挙動とみなすことができ、常磁性的にふるまい、個々のスピンはランダムに配向する。 T が θ 以上だが θ に近い場合磁化率は発散的傾向を示し、わずかな磁場にもスピンが同じ向きに配列する傾向を示す。さらに T が θ 以下の場合、Curie-Weiss の法則は適用できないが、強磁性体としてスピンが系全体にわたって完全に同じ向きに配列する。

(4) 誘電体の分極の原因は、大きく「電子分極」、「イオン分極」、「双極子分極」に由来するが、各々の特徴を振動電場の周波数に対する応答性を比較することで説明せよ。(10 点)

電子分極：単独の原子内で電子分布が原子核に対して相対的に変位することで生じる（電子と原子核の変位）。電子分布の変化は非常に速いため、3 つの分極の中では高周波数で応答する。

イオン分極：イオン性化合物や構成原子間に電荷の偏りを持つ酸化物などで見られるように、正負の電荷を持つイオンが、互いに相対的に変位することで生じる。原子ないしはイオンの変位を伴うため、電子分極と双極子分極の中間程度の周波数応答性を見せる。

双極子分極：分子性結晶において、永久双極子モーメントを持つ分子自身の配向がランダムか整列するかの違いによって生じる。永久双極子モーメントを持つ分子全体の回転を伴うため、3 つの分極の中では最も低周波数での応答を示す。

(5) (ア)～(オ)に当てはまる用語を選択肢から選び、正しい文を完成させ、「(ア) 引力的」のように解答せよ。

「超伝導現象は 20 世紀初頭に低温における水銀の抵抗測定により発見された。後に水銀の同位元素に対して、(ア)の平均が大きいほど超伝導転移温度が小さくなるという相関が見いだされ、電子と(イ)が相互作用することで生じる現象であると理解された。超伝導現象が生じているかどうかは、抵抗率測定による(ウ)や、磁化率測定による(エ)（マイスナー効果）が見られるかどうかで判断できる。また超伝導状態は、強い(オ)をかけることにより破壊される。(10 点)

用語：完全反磁性、強磁性、キュリー定数、クーパ対、結晶格子、原子量、磁場、ゼロ抵抗、電荷、電子数、電場、反強磁性、ミラー指数、ワイス温度

超伝導現象は 20 世紀初頭に低温における水銀の抵抗測定により発見された。後に水銀の同位元素に対して、原子量の平均が大きいほど超伝導転移温度が小さくなるという相関が見いだされ、電子と結晶格子が相互作用することで生じる現象であると理解された。超伝導現象が生じているかどうかは、抵抗率測定によるゼロ抵抗や、磁化率測定による完全反磁性（マイスナー効果）が見られるかどうかで判断できる。また超伝導状態は、強い磁場をかけることにより破壊される。