

コンプトン効果における散乱 X 線の波長の変化と電子の飛ばされる角度を考察する問題

共通テスト

第1問 問4

問 4 次の文章中の空欄 **ウ**・**エ** に入る語と値の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 **5**

波長 λ の光は、エネルギー $\frac{hc}{\lambda}$ 、運動量 $\frac{h}{\lambda}$ をもつ粒子のようにふるまう。この光の粒子を光子という。 c は真空中の光の速さ、 h はプランク定数である。

X 線の光子が、静止している質量 m の電子に弾性衝突する場合の X 線と電子のふるまいを考えよう。図 8 のように、衝突前の電子の位置を原点として、 x 軸を入射 X 線の進む向きに、また、 y 軸を散乱 X 線の進む向きが xy 平面内にあるようにとる。X 線は、 x 軸と角度 θ をなす向きに散乱され、波長は λ から λ' に変化した。一方、電子は x 軸と角度 ϕ をなす向きに速さ v ではね飛ばされた。

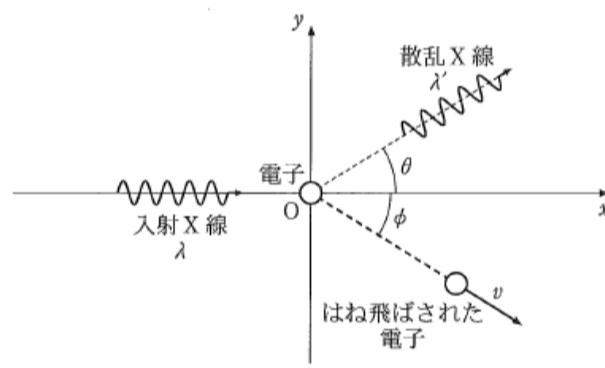


図 8

河合塾

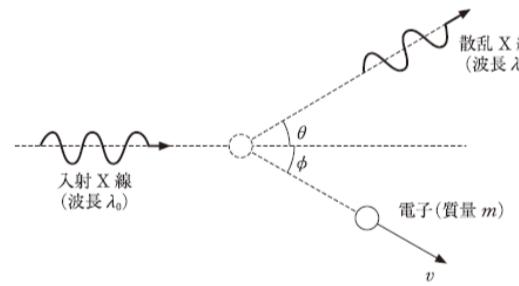
高校グリーンコース 2学期 標準物理 第2章 例題 24

〈例題24〉 コンプトン効果 (第1章③)

光の粒子性を示す実験として有名なものにコンプトン効果がある。これは X 線を物質に当てたとき、散乱 X 線の中に入射 X 線と同じ波長の X 線に加えてそれより波長の少し長い X 線が検出される現象である。コンプトン効果は、X 線が粒子としてふるまい、物質中の電子と弾性衝突したと考えるとうまく説明できる。このとき、波長 λ の X 線のエネルギーは $\frac{hc}{\lambda}$ 、運動量は $\frac{h}{\lambda}$ で表される。ただし、 c は光速、 h はプランク定数である。

いま、図のように、入射した波長 λ_0 の X 線が、静止している質量 m の電子に散乱され、入射方向に対し角度 θ の方向に進行する波長 λ の X 線となり、電子が角度 ϕ の方向に速さ v ではね飛ばされたとする。このとき、以下の間に答えよ。

- (1) 入射 X 線、散乱 X 線、電子のエネルギーの間になりたつエネルギー保存の式を書け。
- (2) 入射 X 線、散乱 X 線、電子の運動量の間になりたつ運動量保存の式を、入射方向とそれに直角の方向についてそれぞれ書け。
- (3) (1), (2)の式を用いて、X 線の波長の変化量 $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ を m 、 c 、 h 、 θ を用いて表せ。ただし、X 線の波長の変化は小さいとして、 $\frac{\lambda_0}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda_0} \approx 2$ の近似式を用いてよい。



静止している電子に X 線を入射して、電子を跳ね飛ばすという設定のみならず、電子と散乱 X 線の進む角度の設定まで全く共通テストと同じであった。衝突後の散乱 X 線の変化や電子の跳ね飛ばされる角度を考察する点も共通している。