

2010 年度「大学で学ぶ物理学」レポート問題

締め切り 2010年8月9日(月) 提出先 6号館1階の教務

注意 学生番号と名前を忘れないこと。また、レポートを提出しない場合は、講義に出席していても単位を取る意思がないと見做して単位の採点対象としません。だから、解けない部分があっても必ずレポートは提出すること

問題

放射線源 Polonium からの α 線をベリリウムに当てたところ、透過力の強い放射線を得た。これが何か分からなかったのでベリリウム線と名づけた。ベリリウム線が何かを決めるためにベリリウム線の水素と窒素に当てたところ高速の陽子と窒素原子核が得られた。それらの最大速度はそれぞれ $3.3 \times 10^7 \text{m/s}$ と $4.7 \times 10^6 \text{m/s}$ であった。講義では Chadwick が 1932 年にこのベリリウム線が中性子であることを突き止めた話をした。しかし、1932 年以前にベリリウム線は透過力の強い γ 線、すなわちエネルギーの高い光子ではないかという説があった。つまり陽子や窒素原子核は光子によるコンプトン効果で速度を得たとする説である。この仮説の可否を以下の手順で論ぜよ。

1) エネルギー E の光子が質量 m の静止している粒子に散乱されてエネルギーが $E' (< E)$ の光子になると同時に粒子の速度が v で動き出す現象はコンプトン効果と呼ばれている。これは高校で学んだはずである。高校の教科書を復習すると散乱される光子のエネルギー E' が最も小さくなるのは、光子が入射方向の正反対に散乱される場合であることが分かる。そこで、この場合のエネルギーの保存則と運動量の保存則を光子の運動量 (p) は $p = E/c$ で与えられることに注意して書き下せ。そして、 E' を 2 つの式から消去することによって、 E を m, v, c を使って表せ。

2) ベリリウム線はエネルギーが E の光子だと仮定したのだから、 E' が最も小さくなる時が水素の速度が最大になるはずである。すると、入射光子の未知のエネルギー E を求めることができる。ただし、水素の質量 (m_p) は $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$ で $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ として E はいくらになるか答えよ。

3) 同様に、 E' が最も小さくなる時が窒素原子核の速度が最大になるはずだから、入射光子の未知のエネルギー E を窒素原子核の最大速度からも求めることができる。ここで、窒素原子核の質量 (m_N) は $m_N = 14m_p$ として E はいくらになるか答えよ。

4) 以上の結果をもとにして、ベリリウム線は透過力の強い γ 線、すなわちエネルギーの高い光子ではないかという説は可能であるか不可能であるかを理由を付けて答えなさい。

5) Chadwick が 1932 年にこのベリリウム線が中性子であることを突き止めたが、陽子と窒素原子核の最大速度がそれぞれ $3.3 \times 10^7 \text{m/s}$ と $4.7 \times 10^6 \text{m/s}$ という Chadwick の 1932 年の実験結果の場合、 $m_N = 14m_p$ として中性子の質量 (m_n) は m_p の何倍になるか?

6) 上で求めた中性子の質量はその後の精密な測定値 $1.00138m_p$ とは少し異なる。これは Chadwick の実験での速度の測定の不正確さに起因すると考えられる。このことは、「設問 4) の結論を変えることになりうるか?それとも結論は変わらないか?」を答えよ。